



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

REC'D 26 MAY 2003

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02090144.3

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr.:
Application no.: 02090144.3
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 16.04.02
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Lo, Roger E.
Senheimer Strasse 43
13465 Berlin
ALLEMAGNE
Adirim, Harry, Dipl.-Ing.
Hauptstrasse 34/35
10827 Berlin
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Verfahren zum Herstellen von kryogenen, monergolen Festtreibstoffen und danach
erzeugte Festtreibstoffe

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

C06D/

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR

EPO-BERLIN

16-04-2002

COHAUSZ HANNIG DAWIDOWICZ & PARTNER

PATENT- UND RECHTSANWALTSKANZLEI

DÜSSELDORF - BERLIN - MÜNCHEN - PARIS - NANTES

Anwaltsakte 221396-LOAD

Berlin, den 16.04.02

Anmelder:

Professor Dr. Roger E. Lo

Senheimer Str. 43

D-13465 Berlin

Dipl.-Ing. Harry Adirim

Hauptstr. 34/35

D-10827 Berlin

Verfahren zum Herstellen von kryogenen, monergolen
Festtreibstoffen und danach erzeugte Festtreibstoffe

Anmelder:

Prof. Dr. Roger E. Lo

5 Senheimer Str. 43

D-13465 Berlin

Dipl.-Ing. Harry Adirim

Hauptstr. 34/35

10 D-10827 Berlin

15 **Verfahren zum Herstellen von kryogenen, monergolen
Festtreibstoffen und danach erzeugte Festtreibstoffe**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von auf
20 unter Raumtemperatur gekühlten (kryogenen), monergolen
Feststofftreibstoffen für Raketenantriebe, insbesondere aus
heterogenen Flüssig-Fest-Treibstoffen, bei denen mindestens
einer der Reaktanden als Oxydator oder Brennstoff eine bei
Normaltemperatur flüssige oder gasförmige Phase enthält,
25 beispielsweise Emulsionen nicht ineinander löslicher
flüssiger Komponenten, Suspensionen von festen in flüssigen
Komponenten oder flüssigkeitsgetränkte Schüttungen.

Die Erfindung betrifft ferner einen auf unter Raumtemperatur
30 gekühlten (kryogenen) Festtreibstoff für Raketenantriebe,
insbesondere eine heterogene quasi-monergole Brennstoff-
Oxydator-Kombination, bei der mindestens einer der Reaktanden
eine bei Normaltemperatur flüssige oder gasförmige Phase ist,
beispielsweise Emulsionen nicht ineinander löslicher
35 flüssiger Komponenten, Suspensionen von festen in flüssigen
Komponenten oder flüssigkeitsgetränkte Schüttungen.

Damit zielt die Erfindung auf das technische Gebiet der Treibstoffe für Raketenantriebe und darin solche zur Herstellung und zum Aufbau von Feststofftreibsätzen. Als solche werden im Rahmen der Erfindung in bestimmten geometrischen Formen vorliegende, einfache oder zusammengesetzte Treibstoffblöcke verstanden. Dies umfasst auch eventuelle Ein- oder Anbauten, die bei ungekühlt lagerfähigen Treibstoffen aus mechanischen Gründen, als Dichtungen, als Abbrand-Inhibitoren oder aus anderen Gründen angebracht sind, bei kryogenen Feststoffen zudem auch als Stütz-, Füllungs-, Entleerungs- oder Kühlvorrichtungen. In beiden Fällen werden diese im Betrieb beim Abbrand ganz oder teilweise verbrannt.

Bei allen bekannten Raketentreibstoffen liegen die Komponenten im flüssigen und/oder festen Aggregatzustand vor und dienen als Oxydator oder als Brennstoff. Manche haben auch noch andere Funktionen beispielsweise als Binder oder Additive. Unabhängig vom Aggregatzustand werden Treibstoffe, welche Oxydator- und Brennstofffunktion in sich vereinigen, Monergole (Einkomponententreibstoffe) genannt. Bei Verteilung der Funktionen auf getrennte Komponenten spricht man von Diergolen.

Monergole können sowohl nach ihrem Phasenaufbau und ihrer molekularen Zusammensetzung als auch nach ihrem Aggregatzustand homogen oder heterogen sein. Beispiele für homogene Monergole als Flüssigtreibstoff sind Wasserstoffperoxyd, Hydrazin und Nitroglycerin. Heterogene Monergole umfassen beispielsweise Emulsionen nicht ineinander löslicher flüssiger Komponenten.

Es sind eine ganze Reihe von Treibstoffen für Raketenantriebe
5 bekannt, bei denen mindestens eine der Komponenten eine bei
Normaltemperatur flüssige Phase ist (US 2 802 332, US 3 367
268, US 3 398 215, US 3 687 746, US 3 697 455, US 3 703 080).
Die US 2 802 332 beschreibt einen Treibsatz einer
10 Flüssigkeitsrakete, die eine Struktur aufweist, welche aus
einer Vielzahl von Zellen gebildet ist. In diesen Zellen
befindet sich zumindest ein Reaktand. Die Wände der
zellähnlichen Struktur bestehen aus Polyethylen, Teflon oder
Silikongummi. Die einzelnen Zellen sind durch Öffnungen
miteinander verbunden.

15 Der Stand der Technik nach US 3 367 268 betrifft einen
hybriden Raketentreibsatz, der aus einer festen polymerischen
zellähnlichen Gummisubstanz aufgebaut ist, welche eine
interzelluläre Matrix bildet. In dieser Matrix sind
20 pulverförmige Festbrennstoffe, beispielsweise
Leichtmetallpulver der Gruppe II und III des PSE, sowie
verstärkende Fasern eingebettet. Die Poren enthalten einen
flüssigen Oxydator.

25 In der US 3 398 215 ist ein Verfahren zur Herstellung eines
Raketentreibsatzes beschrieben, bei dem ein aushärtbares
Gummipolymer mit pulverförmigem Metallbrennstoff und Aushärter
vermischt sowie mit einem organischen Treibmittel behandelt
wird. Das Gummipolymer ist aus der Gruppe der gummiartigen
30 Kohlenwasserstoffe und der halogenierten
Kohlenwasserstoffgummis ausgewählt. Als Metallbrennstoff
werden Pulver aus Aluminium, Bor, Titan, Beryllium, Magnesium
und Lithium eingesetzt. Das organische Treibmittel siedet bei
70 bis 200 °C und ist mit dem Polymer verträglich. Es
35 verdampft bei einer Aushärtungstemperatur von 120 °C bis 205
°C in den Komposit hinein, wobei sich Poren bzw. Zellen in der
Matrix ausbilden. Die schwammähnliche Matrix enthält den

Metallbrennstoff und bildet eine zusammenhängende Phase. Die
5 Matrix wird alsdann in eine Oxydatorflüssigkeit getaucht, so
dass sich die Poren mit der Oxydatorflüssigkeit füllen.

Allen diesen bekannten Lösungen ist der Nachteil gemeinsam,
dass sie nur ein sehr geringes Leistungsniveau erreichen und
10 kompliziert in ihrem Aufbau und ihrer Handhabung sind.

Es ist auch bekannt, Treibsätze in sehr unterschiedlichen
geometrischen Formen herzustellen. Sie können aber grob in
15 zwei Kategorien eingeteilt werden, nämlich Innenbrenner mit
mehr radial gerichtetem Abbrand und Stirnbrenner mit mehr
axial gerichtetem Abbrand.

Neben den monergolen Treibstoffen sind solche bekannt, die
20 Brennstoff und Oxydator als getrennte Elemente in
verschiedenen geometrischen Anordnungen enthalten. Beispiele
sind radial brennende Scheibenstapel oder Rod-in-Matrix-
Stirnbrenner (R.E.LO, N.EISENREICH; „Modulare und kryogene
Feststofftreibsätze - eine neue Klasse chemischer
25 Raketenantriebe“, Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress, DGLR-
JT98-104; Bremen, 7.10.1998; Jahrbuch 1998, Band 2, S. 1231).
Solche Anordnungen werden als modulare Treibsätze bezeichnet.
Modulare Treibsätze mit großen Modulelementen gehören zu den
Diergolen (Zweikomponententreibstoffe). Der Abbrand erfolgt in
30 Diffusionsflammen als sogenannter Grenzschichtabbrand, bei
welchem der Übergang zu unkontrollierten Explosionen oder
Detonationen nicht oder nicht leicht erfolgen kann.

Von den modularen Treibstoffen sind auch solche mit
35 eingekapselten Komponenten zu unterscheiden. Ziel der

Einkapselung ist die gegenseitige Abtrennung reaktiver
5 Flüssigkeiten und damit eine Verbesserung der
Langzeitlagerfähigkeit. In den Kapseln können Flüssigkeiten
oder sehr empfindliche Reaktanden eingeschlossen werden.
Kleine Kapseln werden ungerichtet in Bindern eingeschlossen,
Makrokapseln sind ausgerichtet angeordnet und mit einem Binder
10 oder aushärtenden Festtreibstoff vergossen. Bei steigender
Kapselgröße (siehe R.M.MCCURDY et al. „Solid Propellant Grain
Containing Metal Macrocapsules of Fuel and Oxidizer“, US 3 527
168) und gerichteter Anordnung gehen Kapseltreibstoffe in eine
Unterklasse der Rod-in-Matrix-Treibstoffe über.

15 Mit kleiner werdender Elementabmessungen und insbesondere,
wenn die Elemente nicht mehr gleichmäßig, sondern statistisch
angeordnet sind, gibt es dagegen bei allen bekannten
Treibstoffen einen fließenden Übergang zu den heterogenen
20 Monergolen. Die dabei entstehenden Treibstoffkombinationen
lassen sich am besten als „Quasi-Monergole“ bezeichnen.

Dieselbe relativ schlechte Abgrenzbarkeit zwischen Monergolen
und Diergolen findet man bei den gefüllten Schwammtreibstoffen
25 und umgossenen Treibstoffschüttungen. Diese beiden
Treibstoffklassen haben mit den modularen Treibsätzen auch
gemein, dass sie mit lagerfähigen Komponenten kaum für die
praktische Anwendung in Raketenantrieben interessant sind,
allerdings sind die Gründe unterschiedlich. Bei den modularen
30 Festtreibstoffen ist es die eng begrenzte Auswahl an
energetisch interessanten lagerfähigen Treibstoffen. Wegen der
größeren Auswahl bei flüssigen Treibstoffen gilt diese
Begrenzung bei den fest-flüssig heterogenen Schüttungen und
Schwämmen nur für die feste Phase. Die eigentliche
35 Beschränkung stammt aber von ihrer nur sehr bedingten
Einsetzbarkeit unter Triebwerksbedingungen, wo die Separation

- der flüssigen Phase unbedingt vermieden werden muss. Einkapselung ist eine mögliche Lösung, die aber an den
- 5 erforderlichen komplizierten Herstellungsbedingungen krankt. Wenn die Kapseln zur Größe von Stangen anwachsen, wie bei modularen Rod-in-Matrix-Treibsätzen, ist die Methode zur Verbrennung von Flüssigkeiten nicht mehr geeignet.
- 10 Neben den lagerfähigen Feststofftreibsätzen wurden solche aus gefrorenen Treibstoffen vorgeschlagen, deren Komponenten bei Normaltemperatur Flüssigkeiten oder Gase sind. Solche Treibstoffe werden hier als Kryofesttreibstoffe (Cryogenic Solid Propellants -CSP) bezeichnet.
- 15 Monergole CSP bestehen aus eingefrorenen, bei Zimmertemperatur fluiden Monergolen. Modulare CSP setzen sich aus mindestens einem gefrorenen Element zusammen, das nicht für sich alleine brennbar ist (US 3 137 127). Der Abbrand modularer, nicht
- 20 monergoler Treibstoffelemente ist grundsätzlich ein diffuser Grenzschichtabbrand und als solcher vom Zustrom von Reaktanden abhängig. Wenn dieser nicht durch eine kräftige Strömung, sondern nur durch Konvektion erfolgt, ist die Reaktion unregelmäßig und schleppend, wenn sie überhaupt erfolgt. Daher
- 25 benötigen modulare Treibsätze mindestens ab einer gewissen Größe der Elemente einen oder mehrere permanente Zündfackelgeneratoren (US 6 311 479).
- 30 Bei diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Leistungsfähigkeit der Kryofesttreibstoffe im Vergleich zu konventionellen Feststoffantrieben, Hybridantrieben oder Flüssigkeitstriebwerken zu erhöhen, ihre Lagerfähigkeit und Wirtschaftlichkeit bei Vermeidung eines
- 35 aufwendigen Flüssigkeitsmanagements unter gleichzeitigem Wegfall einer permanenten Zündung der Kryofesttreibstoffe in einfacher Weise zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs genannten
5 Gattung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 und
durch den Festtreibstoff mit den Merkmalen des Anspruches 10
gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen
entnehmbar.

10 Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich vor allem dadurch
aus, dass durch das Einfrieren der flüssigen Phase bei den
heterogenen Flüssig-Fest-Treibstoffen letztere zu kryogenen,
monergolen Festtreibstoffen werden, wodurch die permanente
15 Zündung entfallen kann und Probleme des
Flüssigkeitsmanagements, welche bei normalen Flüssig-Fest-
Quasimonergolen auftreten, umgangen werden.

Die Erfindung deckt somit alle quasi-monergolen Brennstoff-
20 Oxydator-Kombinationen ab, bei welchen mindestens eine der
Komponenten eine gefrorene Flüssigkeit ist.

Die Erfindung führt zu erheblichen Leistungssteigerungen von
Trägerraketen. Neben der Umweltfreundlichkeit des Antriebes
25 führt die Erfindung des weiteren bei Wahl geeigneter
Treibstoffkandidaten wie z.B. SOX oder SH₂O₂ in Verbindung mit
festen Kohlenwasserstoffen wie PE, PU, HTPB zu signifikanten
Betriebs- und somit Startkosteneinsparungen. Trotz der
offensichtlichen, hier nicht relevanten, technologischen
30 Probleme kryogener Feststoffraketen besteht für diese ein
potentiell sehr großer Markt in der Raketentechnik.

Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der
35 nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die
beigefügten Zeichnungen.

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel
5 näher erläutert werden..

Es zeigen

Fig. 1 einen Schnitt durch einen Polymerschwamm als
10 Feststoffstruktur mit eingelagerter kryogener
Phase,

Fig. 2 einen Schnitt durch einen Aluminiumschwamm
15 als Feststoffstruktur mit eingelagerter
kryogener Phase und

Fig. 3 einen Schnitt durch eine umgossene Schüttung
20 aus Polyäthylen und kryogener Phase.

Ein Raketentreibsatz aus erfindungsgemäßigem Feststofftreibstoff
soll mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden.
Der Feststofftreibstoff soll -wie Fig. 1 zeigt- aus einem
Polymerschwamm 1, beispielsweise aus Polyäthylen, als
25 Brennstoff und einer kryogenen Oxydatorphase 2, beispielsweise
aus gefrorenem Wasserstoffperoxyd, bestehen.

Der Schwamm 1 als feste Phase wird zunächst an der inneren
Isolation einer nichtdargestellten Brennkammerwand durch
Verklebung befestigt und dann mit Wasserstoffperoxid unter
30 Ausnutzung von Kapillarkräften oder eines Druckgefälles
gefüllt und bei Bedarf anschließend durch Unterkühlung im
Schwamm 1 eingefroren. Das Wasserstoffperoxyd verbleibt als
kryogene Phase 2 im Schwamm 1.

Natürlich ist es auch möglich, ohne die Erfindung zu
35 verlassen, den Schwamm 1 direkt in die Brennkammer
hineinzuschäumen.

Die Verbrennung des erfindungsgemäßen Festtreibstoffes erfolgt dann analog zu der klassischen Feststoffverbrennung in der Brennkammer, wobei der Treibstoff mittels eines Zünders angezündet wird.

Fig. 2 zeigt ein Beispiel, bei dem als feste Phase, ein Aluminiumschwamm 3 eingesetzt wird, dessen Poren mit gefrorenem Sauerstoff verfüllt sind. Die Herstellung des erfindungsgemäßen Feststofftreibstoffes erfolgt wie vordem beschrieben.

Fig. 3 stellt eine Polyäthylenschüttung 4 dar, deren Hohlräume mit einem bei Raumtemperatur flüssigen Oxydator 5 gefüllt sind, der nach dem Füllen eingefroren wurde.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Anwendungsbreite der vorliegenden Erfindung auf, in der jeweils zwei Komponenten aufgeführt sind, wobei austauschbar immer eine der Komponenten den Oxydator und die andere den Brennstoff repräsentiert. Jede Komponente kann darüber hinaus auch eine homogene oder heterogene Mischung verschiedener Stoffe darstellen. Insbesondere wird darauf hingewiesen, dass natürlich auch hochenergetische Materialien, beispielsweise Vertreter der „High Energy Density Matter“ (HEDM), als Komponenten oder Zusätze in Frage kommen, beispielsweise disperse Atome oder Moleküle in einer stabilisierenden Matrix, gespannte Verbindungen (z.B. CUBAN), schwach kovalente Verbindungen (Polystickstoff), angeregte Atome oder Moleküle (Triplet-Helium) oder metallischer Wasserstoff.

Die kryogene Temperatur führt zu einer Stabilisierung der HEDM, die absolut einsatzrelevant ist.

Es wird auch nicht auf die unterschiedlichen Möglichkeiten des topologischen Zusammenhangs der Komponenten eingegangen, d.h. es kann sich in der folgenden Tabelle in jedem Fall, soweit zutreffend, um Schwämme oder Schüttungen handeln, auch wenn diese nicht als Beispiele genannt werden. Als „lagerfähig“ werden Stoffe bezeichnet, die bei Zimmertemperatur den

angegebenen Aggregatzustand haben, als „kryogen“, wenn sie aus einem der oben genannten Gründe in der Regel Kühlung brauchen. Es erübrigt sich, darauf hinzuweisen, dass in 5 Feststofffraketentriebwerken alle Komponenten von ihrer Natur her dieselbe Ausgangstemperatur besitzen.

Komponente 1	Komponente 2	Beispiele
Lagerfähiger Feststoff	Kryogener Feststoff	Kunststoff-Schwamm getränkt mit gefrorenem Wasserstoffperoxyd (SH_2O_2) oder Sauerstoff (SOX); gefrorenes SH_2O_2 oder SOX mit eingebetteten Brennstoff-Partikeln aus Kunststoff oder Metall
Lagerfähiger Feststoff	Kryogene Flüssigkeit	Kapseln oder Schläuche mit kryogener Komponente in Feststoff
Kryogener Feststoff	Kryogener Feststoff	Gefrorener Sauerstoff mit gefrorenem Brennstoff in jeder möglichen quasi-monergolen Komposition, z.B. SMOX (Solid Methan & Solid Sauerstoff)
Kryogener Feststoff	Lagerfähige Flüssigkeit	Gefrorenes H_2O_2 mit eingekapseltem flüssigem Brennstoff
Kryogener Feststoff	Kryogene Flüssigkeit	Kombinationen von gefrorenen Kohlenwasserstoffen mit eingekapseltem flüssigem Sauerstoff
Kryogene Flüssigkeit	Kryogene oder lagerfähige Flüssigkeit	Schüttungen von Kapseln mit den beiden Komponenten, die durch zusätzlichen Binder verklebt sind

Tabelle: Morphologie der kryogenen Quasi-Monergole

Patentansprüche

5

1. Verfahren zum Herstellen von auf unter Raumtemperatur gekühlten (kryogenen), monergolen Feststofftreibstoffen für Raketenantriebe, insbesondere aus heterogenen Flüssig-Fest-Treibstoffen, bei denen mindestens einer der Reaktanden als Oxydator oder Brennstoff eine bei Normaltemperatur flüssige oder gasförmige Phase enthält, beispielsweise Emulsionen nicht ineinander löslicher flüssiger Komponenten, Suspensionen von festen in flüssigen Komponenten oder flüssigkeitsgetränkte Schüttungen, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass die mindestens eine flüssige oder gasförmige Phase als Reaktand in Form von Brennstoff oder Oxydator in eine feste, mit untereinander in Verbindung stehenden Hohlräumen ausgestattete Struktur aus zur flüssigen Phase komplementär gebildeten Reaktanden verbracht und die flüssige oder gasförmige Phase durch Einfrieren in eine unterhalb Normaltemperatur beständige kryogene feste Phase innerhalb der festen Struktur überführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass als feste Struktur ein offenporiger Schwamm, insbesondere ein Schwamm aus Kunststoff- und/oder Metallschaum, beispielsweise Polyäthylen-, Polyurethan-, HTBP-, GAP-, Aluminium-, Magnesium- oder Berylliumschaum, verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass als feste Struktur eine umgossene Schüttung aus Polyäthylen, Polyurethan, HTPB, GAP, AP, Aluminium, Magnesium oder Beryllium bzw. deren Mischungen verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, dass die flüssige Phase in die
5 feste Struktur durch Tauchen und/oder Tränken derselben
eingebracht wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, dass als flüssige oder
10 gasförmige Phase Sauerstoff, Kohlenwasserstoff,
Wasserstoffperoxyd oder ein HEDM-Treibstoff verwendet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h
15 g e k e n n z e i c h n e t, dass die feste Struktur durch
Einfrieren von flüssigem Brennstoff oder Oxydator,
insbesondere Sauerstoff, Kohlenwasserstoff,
Wasserstoffperoxyd oder eines HEDM-Treibstoffes, erzeugt
wird.
20
7. Verfahren nach Anspruch 1 und 6, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, dass die flüssige Phase zunächst
verkapselt, anschließend mit der festen Struktur vermischt
25 und durch einen Binder verklebt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 1 und 6, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, dass die flüssige Phase
verkapselt, vor Einfrieren der festen Struktur mit dieser
30 vermischt und anschließend beide gemeinsam eingefroren
werden.
9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die
35 Abbrandgeschwindigkeit durch die Wahl einer besonderen
Hohlraumgröße in der festen Struktur eingestellt wird.

10. Auf unter Raumtemperatur gekühlter (kryogener)
5 Festtreibstoff für Raketenantriebe, insbesondere eine
heterogen quasi-monergole Brennstoff-Oxydator-Kombination,
bei der mindestens einer der Reaktanden eine bei
Normaltemperatur flüssige oder gasförmige Phase ist,
beispielsweise Emulsionen nicht ineinander löslicher
10 flüssiger Komponenten, Suspensionen von festen in flüssigen
Komponenten oder flüssigkeitsgetränkte Schüttungen,
dadurch gekennzeichnet, dass mindestens
einer der Reaktanden einen durch Kühlung in den stabilen
Zustand überführten Feststoff enthält und mindestens einer
15 der Reaktanden als eine zusammenhängende feste Phase mit
einer untereinander in Verbindung stehenden Porenstruktur
ausgebildet ist.

20 11. Festtreibstoff nach Anspruch 10, dadurch
gekennzeichnet, dass die feste Phase aus
Kunststoffschäumen, insbesondere PUR, PE, HTPB-, GAP-
Schäumen, Metallschäumen, beispielsweise Aluminium-,
Magnesium- oder Berylliumschäumen, oder deren Gemischen
25 besteht.

12. Festtreibstoff nach Anspruch 10, dadurch
gekennzeichnet, dass die feste Phase aus dem
30 stabilen Feststoff besteht.

13. Festtreibstoff nach Anspruch 10, dadurch
gekennzeichnet, dass der durch Kühlung in den
35 stabilen Zustand überführte Feststoff aus Sauerstoff,
Kohlenwasserstoff, Wasserstoffperoxyd oder einem HEDM-
Treibstoff besteht.

5 14. Festtreibstoff nach einem der vorherigen Ansprüche
10 bis 13, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**,
dass die feste Phase aus einer Schüttung beliebig geformter
Einzelstücke besteht, deren Hohlräume miteinander in
Verbindung stehen, in die eine gefrorene Flüssigkeit als
10 Reaktand eingelagert ist.

15. Festtreibstoff nach Anspruch 14, **d a d u r c h**
g e k e n n z e i c h n e t, dass der gefrorene Reaktand nicht
15 in homogener Form, sondern selbst als Schüttung durch
Einmischen in die Hohlräume des ersten vorliegt.

16. Festtreibstoff nach einem der vorherigen Ansprüche
20 10 bis 15, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**,
dass die feste Phase mit einem Schutzüberzug versehen ist,
welcher die beiden Reaktanden chemisch voneinander isoliert.

25

30

35

Zusammenfassung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von auf unter Raumtemperatur gekühlten (kryogenen), monergolen Feststofftreibstoffen für Raketenantriebe, insbesondere aus heterogenen Flüssig-Fest-Treibstoffen, bei denen mindestens einer der Reaktanden als Oxydator oder Brennstoff eine bei 10 Normaltemperatur flüssige oder gasförmige Phase enthält, beispielsweise Emulsionen nicht ineinander löslicher flüssiger Komponenten, Suspensionen von festen in flüssigen Komponenten oder flüssigkeitsgetränkte Schüttungen. Des weiteren betrifft die Erfindung einen kryogenen Festtreibstoff 15 für Raketenantriebe, insbesondere heterogene quasi-monergole Brennstoff-Oxydator-Kombinationen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Leistungsfähigkeit der Kryofesttreibstoffe im Vergleich zu 20 konventionellen lagerfähigen Feststoffantrieben, Hybridantrieben oder Flüssigkeitstriebwerken zu erhöhen, ihre Lagerfähigkeit und Wirtschaftlichkeit bei Vermeidung eines aufwendigen Flüssigkeitsmanagements unter gleichzeitigem Wegfall einer permanenten Zündung der Kryofesttreibstoffe in 25 einfacher Weise zu verbessern.

Gelöst wird diese Aufgabe dadurch, dass die mindestens eine flüssige oder gasförmige Phase als Reaktand in Form von Brennstoff oder Oxydator in eine feste, mit untereinander in 30 Verbindung stehenden Hohlräumen ausgestattete Struktur aus zur flüssigen Phase komplementär gebildeten Reaktanden verbracht und die flüssige Phase durch Einfrieren in eine unterhalb Normaltemperatur beständige kryogene feste Phase innerhalb der festen Struktur überführt wird.

35

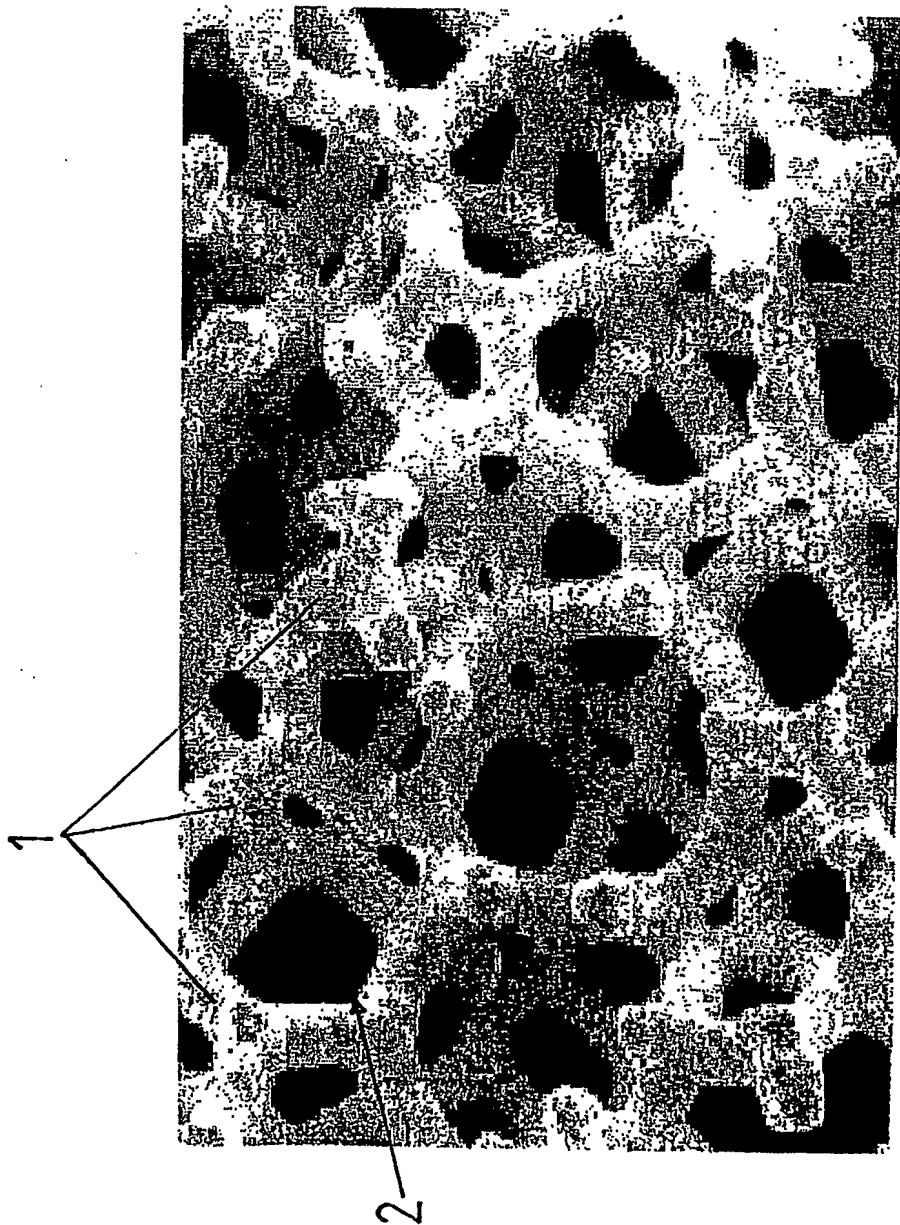
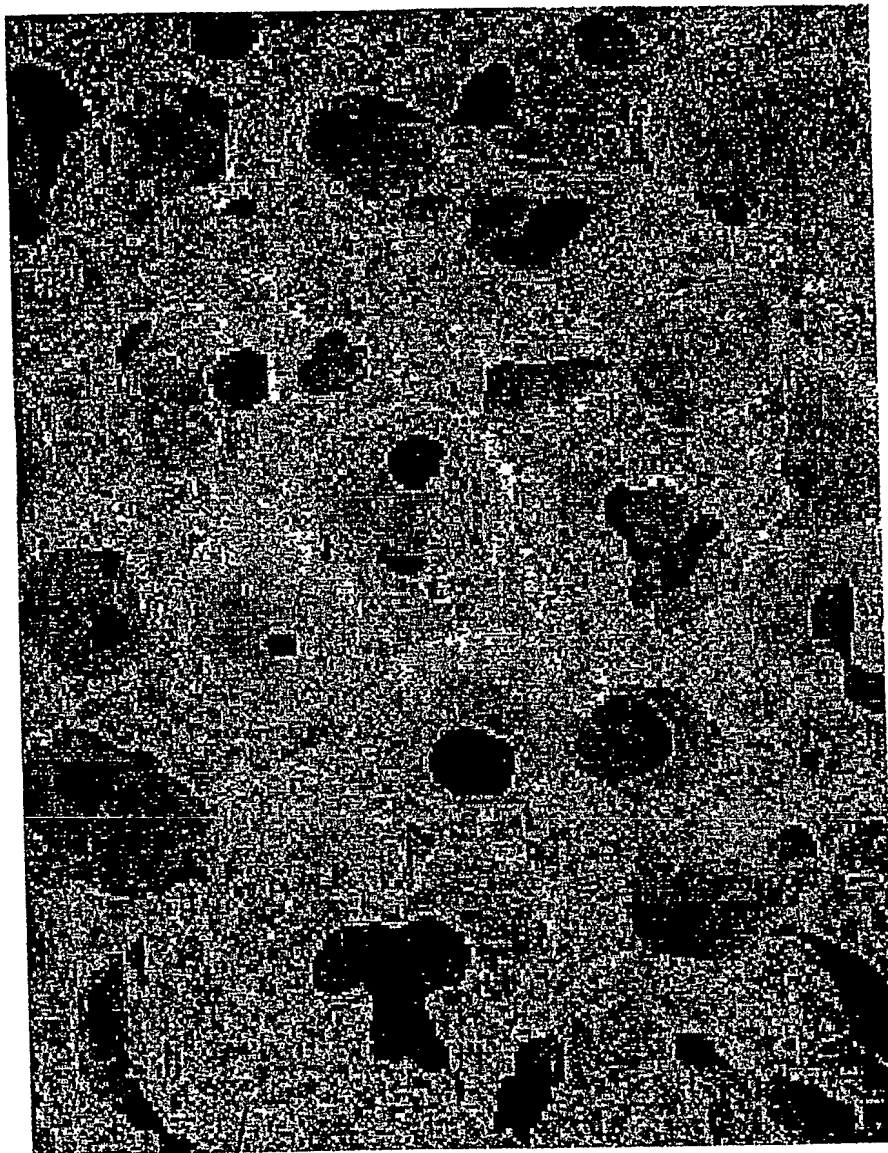


FIG. 1



3

FIG. 2

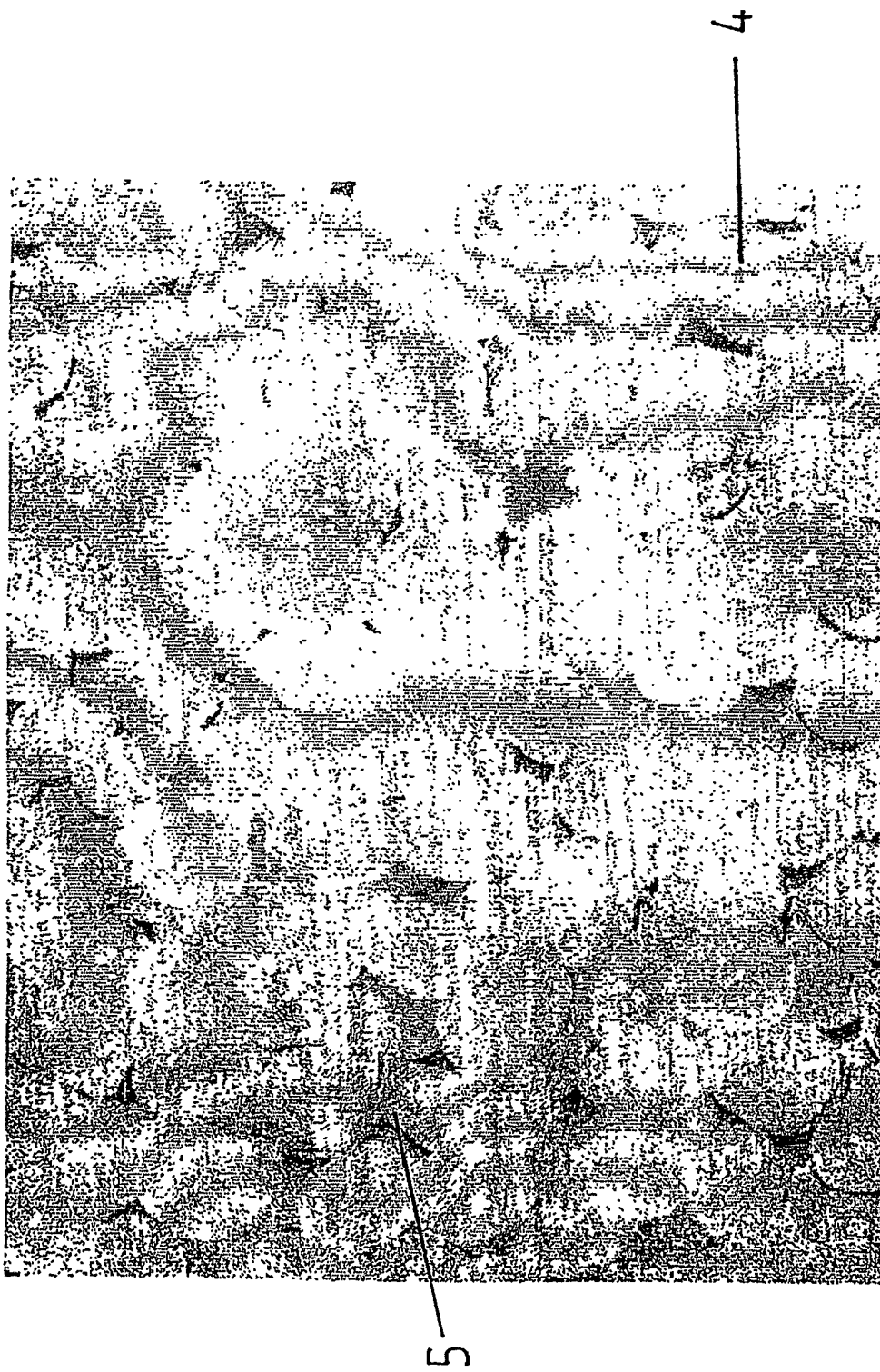


FIG. 3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.